

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

2015

Tomáš Krupa

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání bakalářské práce

Student:

Tomáš Krupa

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2612R003 Aplikovaná elektronika

Téma:

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: ELCOM, a.s.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

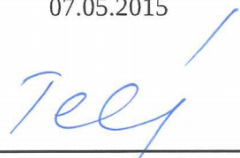
Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivo Neborák, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015


doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

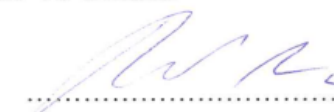
V Ostravě dne: 7. 5. 2015


.....
Tomáš Krupa

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: 7. 5. 2015


.....
Ing. Miroslav Rumpel

Poděkování

Rád bych poděkoval firmě ELCOM, a.s., že mi umožnila vykonat odbornou praxi a tím přispět k vypracování této bakalářské práce. Hlavně bych chtěl poděkovat svému konzultantovi panu Ing. Miroslavu Rumpelovi za cenné rady a připomínky, které mi během mého působení na praxi poskytl. V neposlední řadě děkuji panu doc. Ing. Ivovi Neborákovi, CSc. za vedení bakalářské práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je popsat mé působení ve firmě ELCOM, a.s. v divizi Virtuální instrumentace. Náplní mé práce byl kompletní návrh a výroba přípravku pro testování řídicích jednotek klimatizace. V úvodu se nachází seznámení s firmou a specifikace mého pracovního zařazení. Dále je popsán postup řešení zadaného úkolu. V závěru práce jsou shrnuty využité a chybějící znalosti, získané zkušenosti a celkové zhodnocení odborné praxe.

Klíčová slova

ELCOM, a.s.; odborná praxe; testovací přípravek;

Abstract

Goal of this bachelor thesis is describe my working in ELCOM, a.s. in division of Virtual instrumentation. My job was complete design and production of product for testing air conditioning control units. There is introduction with company and specification of my working device on beginning of this thesis. There is process of solution of given task on next pages. End of thesis is given for summary of used and missing knowledge, and knowledge and overall evaluation of professional experience.

Key words

ELCOM, a.s.; professional practice; tester;

Obsah

1.	Úvod.....	- 8 -
2.	Odborné zaměření firmy a popis pracovního zařazení studenta	- 9 -
2.1	O společnosti ELCOM, a.s.....	- 9 -
2.2	Zaměření firmy ELCOM, a.s.	- 10 -
2.3	Pracovní zařazení	- 10 -
3.	Testovací přípravek TPK-01-2015	- 11 -
3.1	Testované zařízení FORD Z-232	- 11 -
3.2	Postup řešení úlohy.....	- 12 -
3.3	Fotodokumentace práce.....	- 22 -
3.4	Použitý software.....	- 24 -
3.4.1	EAGLE® 6.4.0 (Easily Applicable Graphical Layout Editor).....	- 24 -
3.4.2	CorelDRAW® X7	- 24 -
3.4.3	AutoCAD® 2012.....	- 24 -
3.4.4	Microsoft Office® 2013	- 24 -
4.	Teoretické a praktické znalosti získané v průběhu studia	- 25 -
4.1	Využití odborné znalosti v průběhu odborné praxe.....	- 25 -
4.2	Scházející odborné znalosti v průběhu odborné praxe	- 25 -
5.	Zhodnocení odborné praxe a závěr	- 26 -
	Seznam použité literatury a zdrojů.....	- 27 -
	Seznam obrázků	- 28 -

1. Úvod

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky nabízí dvě možné varianty závěrečné bakalářské práce, buď vypracování klasické teoretické bakalářské práce anebo alternativu k ní, absolvování individuální odborné praxe ve firmě. Rozhodl jsem se pro druhou variantu z důvodu, že jsem chtěl vyzkoušet práci na reálných projektech a především získat praxi a zkušenosti, které by mi byly přínosem do budoucna.

Tato bakalářská práce popisuje průběh mé odborné praxe ve firmě ELCOM, a.s. v divizi Virtuální instrumentace, která patří mezi špičkové dodavatele automatizovaných měřících a testovacích systémů, systémů monitoringu kvality elektřiny a kamerových systémů. V první části této práce v krátkosti představím firmu ELCOM, a.s., mé zařazení a činnost ve firmě. V další části popíšu zadanou úlohu, tedy to, co jsem ve firmě řešil. Popisuji zde i postup řešení úkolu, řešení vzniklých problémů, celkovou realizaci úkolu a její časovou náročnost. Závěrem shrnuji přínos a hodnotím dosažené výsledky z absolvování odborné praxe.

2. Odborné zaměření firmy a popis pracovního zařazení studenta

2.1 O společnosti ELCOM, a.s.

Firma ELCOM, a.s. byla založena v roce 1990 jako společnost s ručením omezeným. Její zakladatelé byli Ing. Jiří Holoubek a Ing. Vladimír Korenc.

Původní záměrem obou výše zmíněných pánů bylo vytvořit inženýrské a konzultační středisko v oboru silnoproudé elektrotechniky, specializované na oblast kompenzace jalového výkonu, elektromagnetické kompatibility a optimalizaci spotřeby elektřiny. Vysoká poptávka průmyslu po kvalitních službách a hlavně po výrobcích v tomto oboru, vytvořila základ pro postupné rozšíření společnosti o další oblasti.

V roce 1992 byly aktivity společnosti rozšířeny o oblast střídavých regulovaných pohonů a speciálních elektromotorů. V tomtéž roce společnost začala provádět vlastní elektromontáže a také zahájila vlastní dílenskou výrobu v pronajatých prostorách v podniku MEZ Nedvědice. O rok později pak byla ve společnosti vytvořena i projektová kancelář na nově zřízeném pracovišti v Ostravě. V té době již měla společnost pokryta čtyři místa na mapě České republiky a to v Praze, Brně, Nedvědicích a Ostravě. Počet zaměstnanců a finanční obrát společnosti se každým rokem násobil. V roce 1996 byly vytvořeny podmínky na transformaci původní společnosti s ručením omezeným na akciovou společnost.

Úspěšný projekt analyzátoru energetických rušení BK500 byl základem spolupráce s katedrou měření na VŠB TU FEI v Ostravě. Tato spolupráce vyústila v roce 1997 k založení významné divize Virtuální instrumentace, kde se projekt BK úspěšně rozvíjí dodnes.

V roce 1998 byla zakoupena továrna ve městě Bystřice nad Pernštejnem a byla sem soustředěna kompletní elektrotechnická výroba společnosti.

Roku 2000 se struktura korporace ustálila na pěti divizích, ve kterých pracuje kolem sto padesáti zaměstnanců.

V současné době má společnost i zahraniční pracoviště v Abu Dhabi, Hong Kongu a Changshu. [1]



Obrázek 1: Logo firmy ELCOM, a.s.

2.2 Zaměření firmy ELCOM, a.s.

Firma ELCOM, a. s. podniká v oblasti silnoproudé elektrotechniky, elektroenergetiky, virtuální instrumentace a je organizačně rozdělena do pěti obchodních jednotek zajišťujících obchodování, organizační správu a samotné účetnictví firmy. [2]

Divize Realizace a inženýring

Divize Realizace a inženýring se sídlem v Brně a Ostravě se věnuje dodávkám rozvodných a kompenzačních zařízení nízkého a vysokého napětí s důrazem na zajištění elektromagnetické kompatibility celého výkonového systému. [2]

Divize Pohony

Divize Pohony se sídlem v Praze je jednou z nejstarších divizí společnosti ELCOM, a.s. Svoji činnost v oblasti elektrických pohonů a jejich komponent rozvíjí již od roku 1992, se zaměřením na pohony v prostředí s nebezpečím výbuchu, energetice, vodárnách, těžebním průmyslu, atd. Je systémovým integrátorem firmy Siemens pro dodávky motorů do prostředí s nebezpečím výbuchu (dříve motorů firmy Loher). [2]

Divize Aplikované elektroniky

Divize Aplikované elektroniky se sídlem v Praze a Brně je zaměřena na výzkum, vývoj a výrobu speciálních výkonových elektronických zařízení, zejména speciálních napájecích zdrojů pro České dráhy, a.s. a městskou hromadnou dopravu. [2]

Divize Virtuální instrumentace

Divize Virtuální instrumentace působí od roku 1997 ve Vědeckotechnologickém parku Ostrava, v těsném sousedství areálu VŠB - Technické univerzity Ostrava. [2] Za dobu své existence rozvinula řešení projektů systémové integrace do takové míry, že je dnes světově uznávaným dodavatelem špičkových řešení, zejména v oblasti automatizovaných měřících a testovacích systémů, systémů monitoringu kvality elektřiny, průmyslových testerů a kamerových systémů. Dynamický rozvoj této divize byl završen v roce 2006, stavbou moderního technologického centra firmy ELCOM, a.s., v němž dnes tato divize provozuje a rozvíjí své aktivity. [3]

Divize Výroba

Divize Výroba se sídlem v technologickém parku v Bystřici nad Pernštejnem, slouží jako výrobní závod pro ostatní divize a dále pak jako materiálně-logistická centrála firmy. [2]

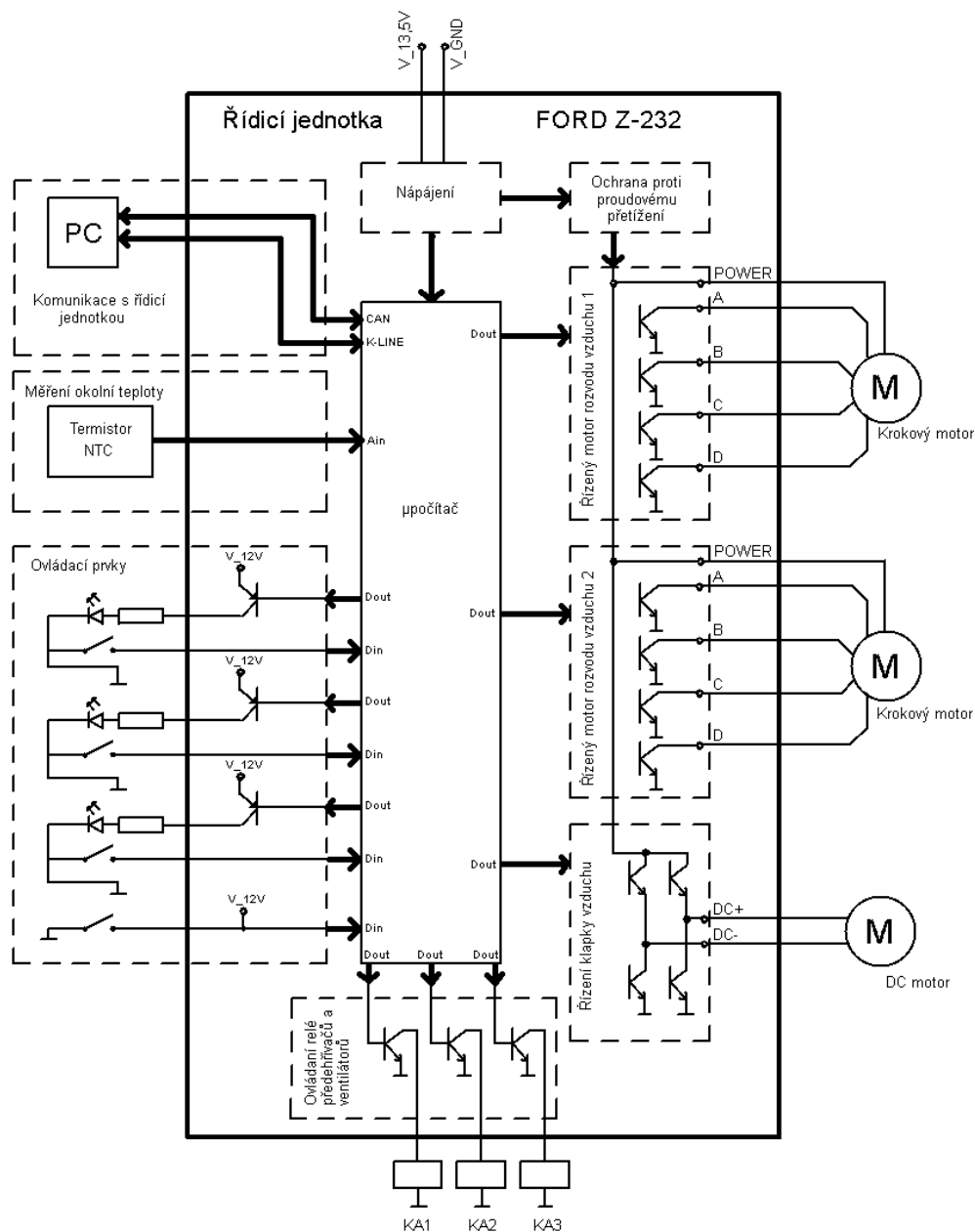
2.3 Pracovní zařazení

Ve firmě ELCOM, a.s. mi byla nabídnuta pozice konstruktéra elektronických systémů. Kromě přidělených menších dílčích úkolů byl mou hlavní pracovní náplní projekt realizace přípravku s kabelovými svazky pro testování řídicích jednotek klimatizací. Práce na tomto projektu započala koncem měsíce října 2014 a skončila koncem února 2015. Na tomto projektu jsem od začátku pracoval samostatně pod odborným vedením kolegů.

3. Testovací přípravek TPK-01-2015

Mým hlavním úkolem přiděleným na odborné praxi byl projekt přípravků s kabelovými svazky s označením TPK-01-2015. Jednalo se o návrh a realizaci přípravků, které by sloužily k testování automobilové řídicí jednotky klimatizace.

3.1 Testované zařízení FORD Z-232



Obrázek 2: Zjednodušené blokové schéma zapojení testovaného zařízení

Řídicí jednotka automobilové klimatizace obsahuje mikropočítač, který zpracovává a vyhodnocuje informace od elektrických a elektronických prvků (senzorů). Na základě nastavených požadovaných hodnot jednotka nastaví výstupní signály, které slouží k ovládání výstupních elektrických prvků (akčních členů). K řídicí jednotce jsou připojeny obvody pro komunikaci, motory pro řízení rozvodů vzduchu, motory pro řízení recirkulace vzduchu, motor pro řízení směšování vzduchu, relé pro ovládání ventilátorů a vyhřívačů oken, obvody určené pro ovládání klimatizace.

Na *obrázku 2* je znázorněné zjednodušené schéma řídicí jednotky s jednotlivými bloky, pro které se navrhoval testovací přípravek. Bylo potřeba pro každý blok navrhnout, jak by se dalo jednotlivé zapojení otestovat.

3.2 Postup řešení úlohy

Tento projekt se dá rozdělit na několik fází, podle toho jak práce postupovala:

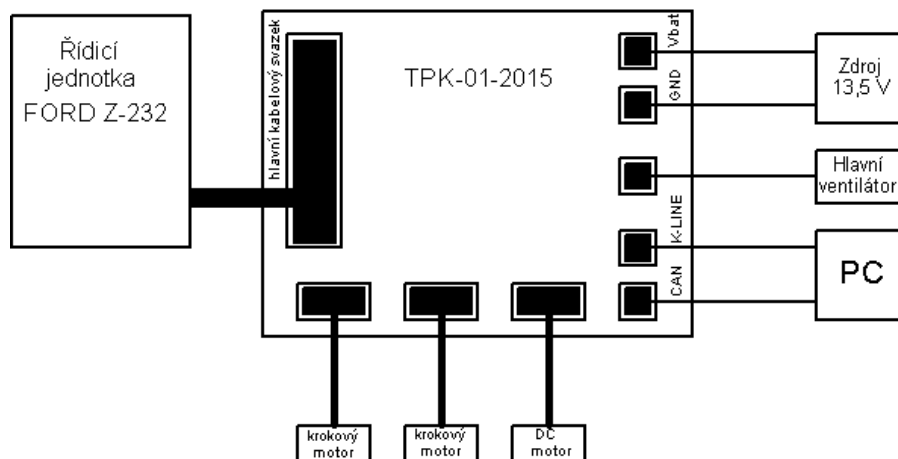
- seznámení se se zadávací specifikací zákazníka,
- návrh konstrukčního řešení:
 - návrh schématu zapojení,
 - výběr dostupných komponent na trhu,
 - návrh desky plošných spojů,
 - návrh mechanické konstrukce,
- zhotovení prototypového kusu a otestování,
- příprava výrobní dokumentace pro sériovou výrobu,
- zadání do výroby,
- kusové testování, výstupní kontrola,
- příprava pro expedici.

Zpracování projektu se odvíjelo od zadané dokumentace, komunikace se zákazníkem a konzultací s odbornými kolegy. Na základě čehož vyplynulo, o co přesně se jedná a k čemu bude přípravek sloužit, resp. jakou by měl mít produkt finální podobu. Následně jsem navrhl různé alternativy řešení, jak by mohl výrobek vypadat.

Vycházel jsem ze dvou možných variant. První varianta je následující: z hlavního kabelového svazku by vycházely zvlášť kabelové svazky rozdělené pro napájení, komunikaci, svazky k jednotlivým motorkům a zbytek vodičů z hlavního svazku by vedl do přípravku. Tato varianta se pro praxi ukázala jako nepraktická, protože součástí jednotlivých odboček by byly některé součástky a pasivní prvky. Toto řešení by bylo problematické vzhledem k zabudování mechanický součástek do svazků. Mohlo by docházet k častému poškozování svazků, součástky by se mohly chovat nestabilně a ani vzhledem k praktickému používání by to nebylo vyhovující.

Pro další postup jsem zvolil druhou variantu, která spočívala v tom, že hlavní kabelový svazek půjde přímo do přípravku a z něj teprve budou vycházet jednotlivé odbočky. Všechny

součástky a mechanické prvky budou umístěny na desce plošných spojů, která bude umístěna v ochranné krabici. Tímto opatřením jsem docílil toho, že všechny součástky budou mechanicky stabilní a zapouzďené. Jednotlivé odbočky se zrealizují pomocí konektorů přímo z přípravku. Tato změna měla za následek to, že přípravek se rozšířil o konektory, deska plošných spojů se rozrostla o další cesty, ale na druhou stranu zefektivnila praktické využití přípravku. K přípravku se budou moci připojit jen ty konektory, které budou v danou chvíli potřebné.



Obrázek 3: Návrh přípravku

Pro nakreslení schématu zapojení jsem použil program EAGLE®. Při samotném kreslení jsem vycházel především ze zadávací specifikace od zákazníka, které jsem na základě konzultací pozměnil. Změny se týkaly přidání led diod signalizujících chod připojených motorků a signalizace stavu přepínačů. Další úprava spočívala ve výměně NTC termistoru za kódový binární přepínač, na kterém se simulovala změna teploty v definovaných bodech. Poslední úpravou bylo přidání ochrany proti přepólování na vstup napájení.

Výměnou NTC termistoru za binárně kódovaný deseti polohový přepínač se musely zvolit hodnoty rezistorů tak, aby každá poloha přepínače odpovídala dané teplotě. V podkladech od zákazníka byla tabulka, ve které měla každá teplota přidělený rozsah, ve kterém se mohla pohybovat. Díky rozsahu bylo snadnější vybrat hodnoty pro přepínač, který kombinuje paralelní zapojení vstupu na výstup přepínače.

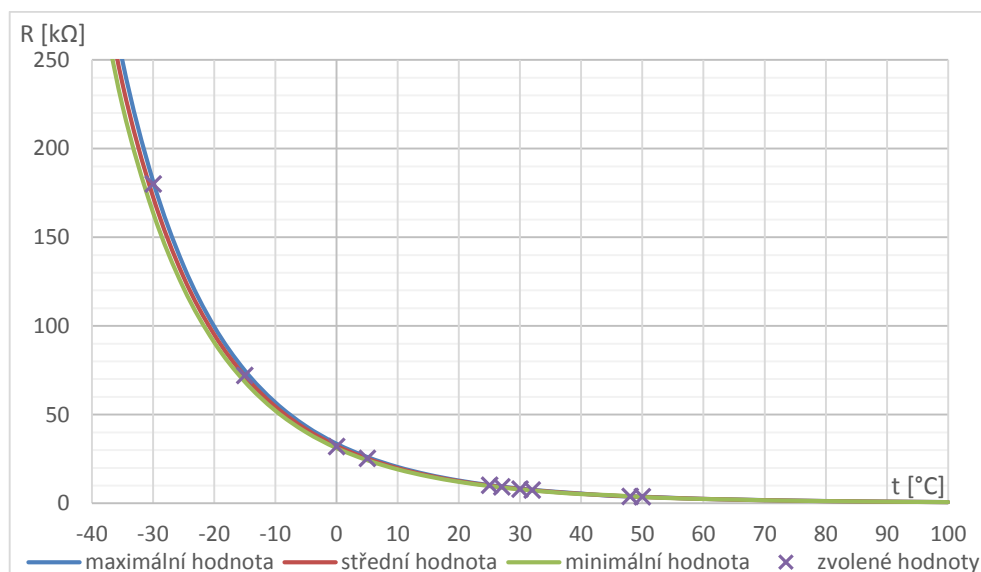


Obrázek 4: Binární přepínač

Tabulka 1: Kódovací tabulka přepínače

Pin No.	Binární kódování									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C 1		•		•		•		•		•
C 2			•	•			•	•		•
C 4					•	•	•	•		
C 8									•	•

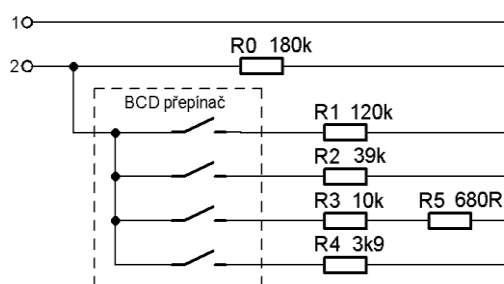
Na základě domluvy s koncovým uživatelem bylo vybráno několik teplotních hodnot, které jsou v tabulce níže (viz *Tabulka 2*). Z vykreslené charakteristiky NTC termistoru (viz *Obrázek 5*) jsem pro dané teploty určil odpovídající odpor. Ostatní teploty byly vybrány a dopočteny tak, aby bylo možné simulovat co největší rozsah teplot. Konečné zvolené teploty jsem upravil podle vypočítaného celkového odporu odpovídajícímu paralelní kombinaci polohy přepínače. Volba jednotlivých hodnot rezistorů byla limitovaná omezeným výběrem rezistorů z použité řady E12. Hodnoty použitých rezistorů jsou uvedeny ve schématu zapojení přepínače (viz *Obrázek 6*).



Obrázek 5: Charakteristika termistoru NTC

Tabulka 2: Vypočtené hodnoty odporů pro zvolené teploty

poloha spínače	T [°C]	R [kΩ]
0	-30	180,00
1	-15	72,00
2	0	32,05
3	5	25,30
4	25	10,08
5	27	9,30
6	30	8,01
7	32	7,51
8	48	3,82
9	50	3,70



Obrázek 6: Schéma zapojení přepínače

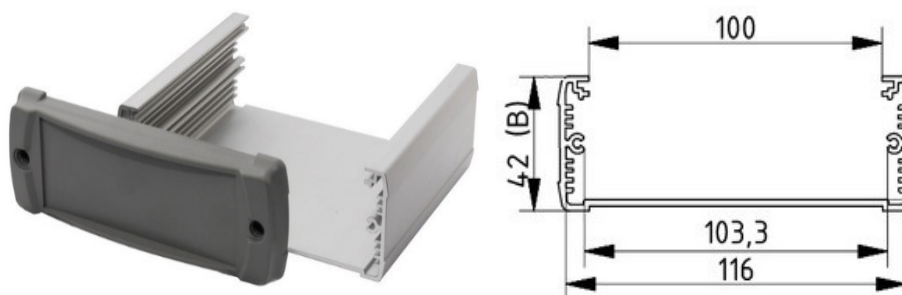
Další problém byl se třemi výstupy, pro které se simulovala zátěž pro ovládání relé přehřívavačů (KA1, KA2) a ventilátoru (KA3). Aby bylo možné simulovat zátěž výstupů, bylo potřeba určit činný odpor ekvivalentní odporu cívek relé. Bylo provedeno měření odporu vinutí cívek a po konzultaci se zákazníkem byly stanoveny odpovídající hodnoty odporu vinutí. Pro výstup relé KA1 a KA2 byl stanoven činný odpor $60\ \Omega \pm 2\ \%$, pro relé KA3 byl zvolen činný odpor $30\ \Omega \pm 2\ \%$, tak aby se zachovalo proudové zatížení výstupů.

V automobilové technice se typicky používá testovací napájení 13,5 V. Připojením tohoto napětí k činnému odporu nahrazeného za činný odpor cívek relátek by při přepočtu znamenal ztrátový výkon na rezistorech 3 W a 6 W. Tuto skutečnost jsem musel uvážit při výběru rezistorů, čímž se značně omezil možný výběr použitelných rezistorů. Rezistory pro desky plošných spojů mají odlišné velikosti pouzder, na kterých závisí povolené ztrátové výkony při dané teplotě okolí a povoleném ohřevu součástky. U běžných pouzder metal oxidových rezistoru 0204, 0207, 0411 jsem se při výpočtech dostával nad povolený limit ztrátového výkonu. Tento problém by se dal vyřešit rozložením ztrátového výkonu na několik paralelních prvků nebo použitím výkonového rezistoru, který by snesl takový výkon, ale musel by se zajistit dostatečný odvod tepla ze součástky.

Rozhodl jsem se pro první variantu a to z důvodu jednoduchosti při konečném sestavování výrobku. Při použití druhé možnosti by se výkonový rezistor v pouzdře TO220 musel připevnit k chladiči, což by vedlo ke ztížení kompletace přípravku. Činný odpor pro relé KA1 a KA2 jsem nahradil paralelní kombinací tří rezistorů o hodnotě $180\ \Omega \pm 1\ \%$ a pro relé KA3 jsem nahradil činný odpor paralelní kombinací pěti rezistorů o hodnotě $150\ \Omega \pm 1\ \%$. Pro paralelní kombinaci rezistorů byly použity tenkovrstvé kovové rezistory, které mají dobrý teplotní koeficient a úzkou toleranci. Teplotní koeficient použitých rezistorů je $TCR = 100\ \text{ppm}/^\circ\text{C}$ a při teplotě 70°C snesou zatížení 2 W, takže při umístění na desce vedle sebe by se teoreticky podle výpočtu neměli ovlivňovat.

Při kreslení schématu jsem musel brát na vědomí mechanické provedení přípravku a také jednotlivé procházející proudy. V úvahu jsem bral proudové zatížení krokových motorků 640 mA, DC motorku 360 mA, relé přehřívavačů (KA1, KA2) 225 mA, relé ventilátoru (KA3) 450 mA a pro signalizační obvody 20 mA. Celkové proudové zatížení pro napájení přípravky bylo určeno 2,6 A.

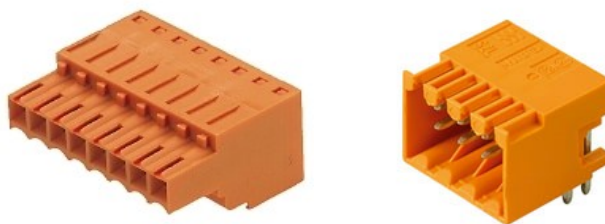
Již v této fázi jsem musel hledat vhodné součástky a konstrukční krabičku, které by se daly použít. Krabičku pro uložení desky plošných spojů jsem vybral profil typu ELPU 1240 - 100D od firmy BOPLA Gehäuse Systeme, GmbH. Důvodů, proč byl zvolen tento typ, bylo hned několik: možnost umístění DPS v různých výškových úrovních, možnost použití bočnice pro vývod konektorů a využití samotného hliníkového profilu k chlazení součástek.



Obrázek 7: Profil ELP 1240

Součástky a konektory, které jsem měl předem vybrané, pro možné použití, jsem musel ověřit, zda-li jejich rozměrové provedení bude pro vybraný profil vyhovovat. K tomu jsem použil program AutoCAD® a ve vhodném měřítku jsem dokreslil jednotlivé součástky do průřezu profilu, abych viděl jednotlivé rozměrové rozdíly součástek. Na základě podkladů profilu krabičky jsem stanovil rozměr desky, který jsem potom využil při návrhu desky plošných spojů. Součástí konstrukčního řešení byl vhodný výběr a umístění konektorů do bočních krytů krabičky, tak aby nebyl narušen estetický vzhled bočnic. Při návrhu tohoto konstrukčního řešení jsem hledal a zkoušel nejvhodnější součástky, různé možnosti rozmístění součástek a stanovil vhodnou drážku pro uložení desky plošných spojů v profilu.

K propojování jednotlivých externích zařízení k přípravku bylo nutné najít konektory, které by byly jednoduše a snadno rozpojitelné a přitom zvládly proudové zatížení. Proto jsem zvolil konektory od firmy Weidmüller Interface, GmbH typu S2L 3.50 a SL 3.50 obojí v 90° provedení. Standardní 9-ti pinový D-SUB konektor byl zvolen pro CAN komunikaci. Pro napájení přípravku byly zvoleny klasické banánové zdířky o průřezu 4mm.



Obrázek 8: Konektory Weidmüller

Problém nastal se součástkami, které měly vyčnívat z přípravku. Jednalo se o součástky určené pro ovládání (přepínače) a součástky sloužící pro signalizaci (ledky, led bargrafy). U těchto součástek jsem musel kvůli rozdílné výšce použít precizní dutinkovou lištu, pomocí které jsem nastavil výšku binárního přepínače a led bargrafu. Tímto se vyřešil problém zapuštěných součástek. Výška klasické led diody se řešila až při samotném pájení.

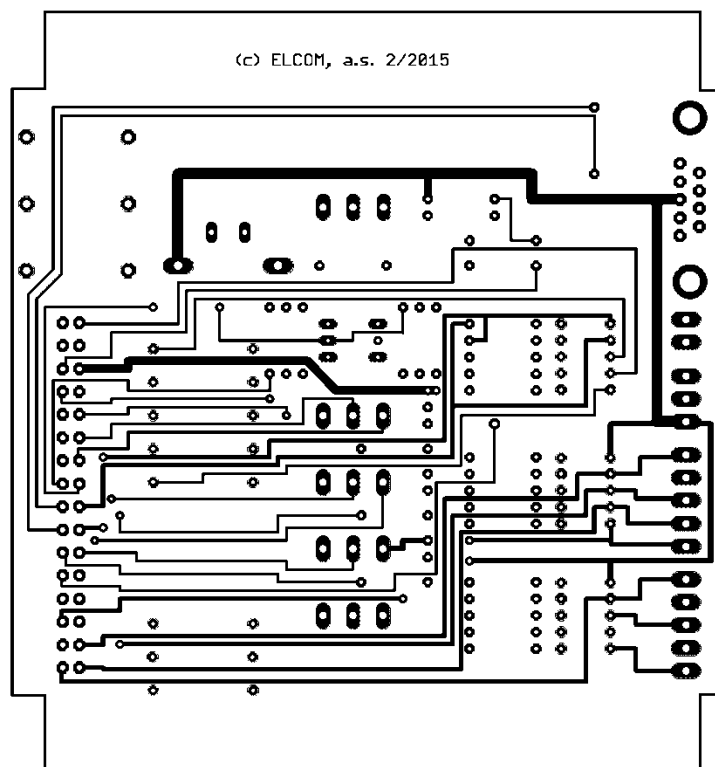
Předtím než jsem mohl začít navrhovat desku plošných spojů, bylo zapotřebí se vrátit ke schématu zapojení a změnit ty součástky, které byly nahrazené za jiné. Většina součástek v knihovnách EAGLU[®] nebyla, jako například: přepínače, D-sub konektor, led bargraf, banánková zdířka a konektory Weidmüller. Tudíž nezbývalo nic jiného než najít katalogové listy od jednotlivých součástek a vytvořit si novou vlastní knihovnu s novými prvky.

Prvním krokem při kreslení desky plošného spoje bylo nakreslení obrysu desky, který byl zvolen v obdélníkovém tvaru v rozměrech profilu tak, aby se jednoduše zasunul do profilu. Dalším krokem po nakreslení obrysu desky, bylo rozmístění součástek na desce. Vytvořil jsem si skupinky součástek, které k sobě patřily. A ty jsem postupně rozmisťoval po desce. Začal jsem s konektory na krajích desky. Po umístění konektorů se ukázalo, že původně zvolená obdélníková deska se bude muset poupravit, protože konektory na kraji desky by nelícovaly s úrovní bočnic. Dále jsem rozmisťoval skupinky přepínačů a k nim příslušné ledky, následně led bargrafy s předřadnými rezistory ke konektorům a to tak, aby bylo zřejmé, který k čemu patří.

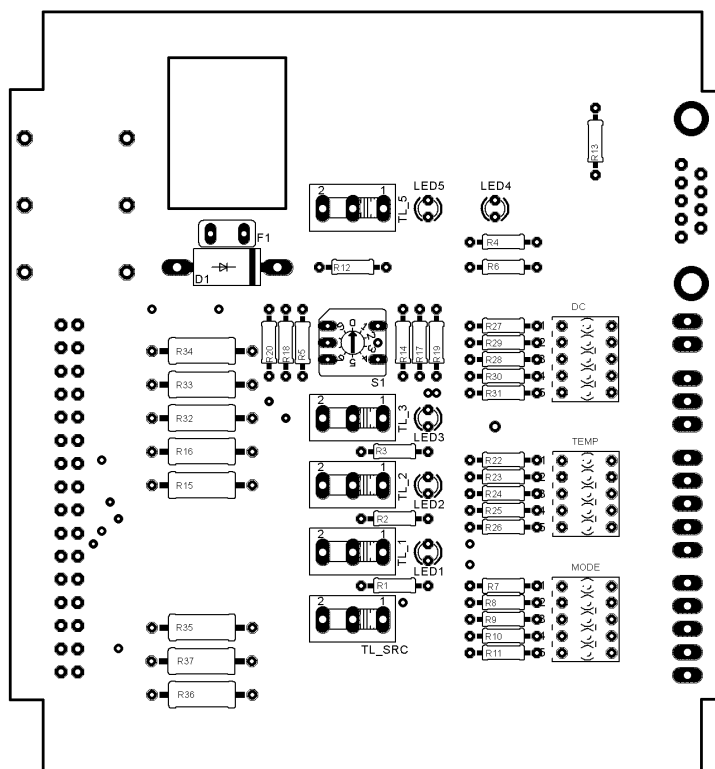
Jak byly součástky rozmístěné po desce, tak jsem mohl začít s kreslením cest, abych propojil součástky. Z důvodu provázanosti součástek a malému rozměru desky, bylo zapotřebí rozložit návrh na dvě vrstvy desky. Při návrhu cest jsem se řídil pravidly pro vytváření desek plošných spojů - nejprve silové a hlavní cesty, pak ostatní trasy. Při kreslení jednotlivých cest bylo zapotřebí brát v úvahu proudové zatížení cesty a s ohledem na ní zvolit příslušnou šířku cesty. Po pospojování součástek a zkontrolování desky se hotový návrh poslal k výrobě.

Tabulka 3: *Proudové zatížení desky plošných spojů*

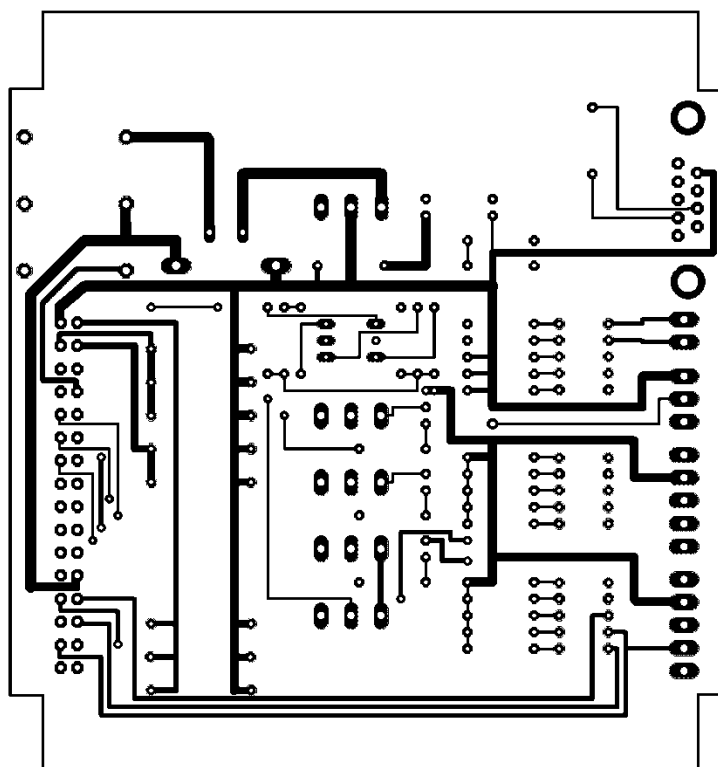
Šířka spoje		Přípustný proud [A] při maximálním oteplení Cu fólie [°C] tloušťky 35µm		
[mm]	[mil]	30°C	50°C	70°C
0,8	32	2	2,9	3,4
1	40	2,4	3,1	3,8
1,5	60	3	3,9	4,5
2	80	3,6	4,7	5,6
2,5	100	4,3	5,6	6,8
3	120	5	6,5	7,8



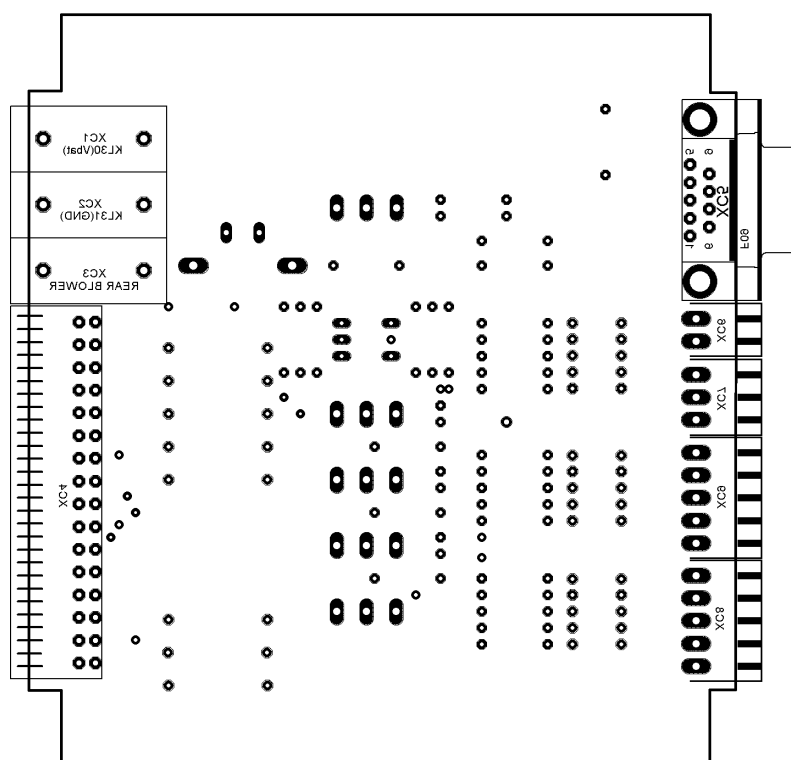
Obrázek 9: Horní strana DPS (Top)



Obrázek 10: Osazení horní strany DPS (Top)



Obrázek 11: Spodní strana DPS (Bottom)

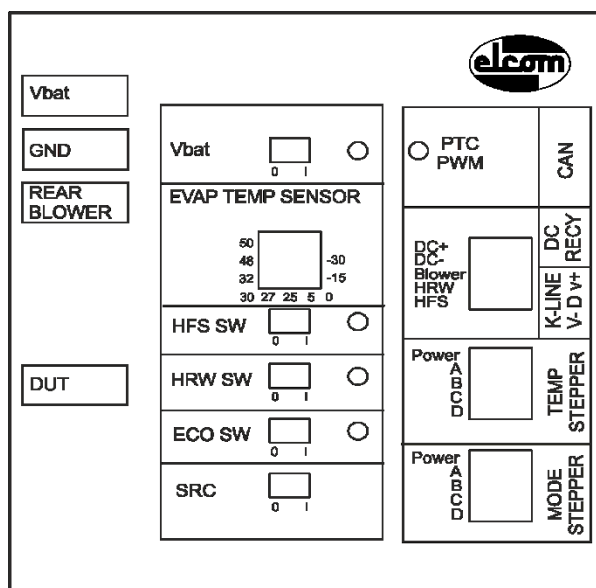


Obrázek 12: Osazení dolní strany DPS (Bottom)

Než byla vyrobená prototypová deska a mohl bych tak dále pokračovat s osazováním součástek na desku plošných spojů, připravil jsem potřebné podklady k výrobě horního krytu krabičky a možný návrh potisku na přípravek. Dále bylo potřeba přichystat dokumentaci k výrobě kabelových svazků.

Pro podklady k výrobě horního dílu krabičky jsem použil program AutoCAD®, do kterého jsem si vyexportoval desku plošných spojů z EAGLU® ve formátu *dxf*. Tímto krokem jsem si vytvořil předlohu pro pozice, kde přesně mají být vyfrézovány díry pro ovládací a indikační součástky. Také jsem připravil podklady pro vyfrézování děr v bočnicích pro konektory.

Při návrhu popisku na přípravek jsem vycházel z podkladů pro kryt přípravku. Popisek jsem navrhl v programu CorelDRAW®, ve kterém byl brán ohled jak na díry v krytu, tak na přesahy bočnic a profilu na kryt. Důležité bylo aby ve finální kompletaci nedošlo k zakrytí textů a symbolů konstrukčními díly. Posledním krokem při tvorbě popisků bylo vybrat, jakou technologií se zrealizuje samotný potisk. Na výběr na nabízel dva varianty, buď to sítotiskem na hliník, nebo samolepící průhlednou folii s potiskem. Zvolil jsem druhou možnost, protože tato technologie není pro výrobu tak časově náročná.



Obrázek 13: *Popisek přípravku*

Dokumentace pro kabelové svazky obsahovala jednotlivé propojení konektorů mezi sebou, jejich délku a typ vodiče. Při výběru typu kabelu byl brán zřetel na možné ohýbání a namáhání kabelových svazků při používání přípravku. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl pro použití ohebného kabelu typu LIFY od firmy HELUKABEL, GmbH. Ohebnost tohoto kabelu je zajištěná tím, že vodič je spleten z více tenkých měděných drátků a je méně náchylný vůči zlomení. Průřezy vodičů pro jednotlivé svazky se lišily podle proudového zatížení jednotlivých výstupů. Kabelové svazky k motorkům byly zhotoveny z vodiče o průřezu 0,5 mm² a svazky pro

komunikační svazky byl použit vodič o průřezu 0,25 mm². Každý svazek vodičů se vložil do ochranného PP (Polypropylen) opletu na kabely, na koncích zajistil stahovacím páskem a smrštitelnou bužírkou.

Aby se mohlo začít s testováním prototypového kusu desky, bylo potřeba nejprve vymyslet a navrhnout, jak se bude testování provádět. Podle schématu jsem navrhnul jednotlivé propojky přípravku tak, aby bylo možné odzkoušet všechny funkce přípravku. Ověřovali se hodnoty odporů u jednotlivých poloh binárního přepínače, zda-li jsou v mezním rozsahu pro danou teplotu. Dále se měřil odpor zatížení jednotlivých nahrazených činných odporů, zda-li se jeho hodnota nachází v tolerančním pásmu $\pm 2\%$. Zkoušely se přepínače, jestli při sepnutí rozsvítí příslušnou led diodou a dále se ověřovala signalizace pro jednotlivé fáze motorků. Provádělo se také měření proudů u jednotlivých led diod a led bargrafu, tak aby se ověřilo, že předpokládaný procházející proud 20 mA je v toleranci. Při testování komunikačních odboček se vyzkoušela kontinuita mezi výstupy, jestli daný signál prochází. Při testování se ukázalo, že vše fungovalo tak, jak mělo.

Menší problém se objevil akorát na jednom výstupu, ke kterému je připojené relé KA3 přes skupinku přepočtených rezistorů. Ukázalo se, že rozložení výkonového zatížení na více součástek nepomohlo. Skupinka s pěti paralelními rezistory o celkové hodnotě 30 Ω se při zatížení poměrně dost zahřívala. Skupinky rezistorů byly na desce plošných spojů umístěny blízko sebe a kolem rezistorů nebyl dostatek místa pro odvod tepla, takže se součástky mezi sebou přece jen tepelně ovlivňovaly. Proto jsme se rozhodli vrátit k původní myšlence a nahradit tuto skupinku rezistorů výkonovým rezistorem v pouzdře TO220, který se připevní ke krabičce přípravku.

Kvůli změně rezistoru bylo potřeba provést úpravu stávající dokumentace. Také bylo nutné přizpůsobit krabičku prototypového kusu k uchycení výkonového rezistoru. Tato úprava spočívala ve vyvrtání díry v desce a krabičce. Vyvrtanou dírou v desce se protáhly vodiče s připájeným výkonovým rezistorem, který se upevnil ke krabičce.

Po této úpravě se všechny nedostatky odstranily a po opětovném otestování byla výrobní dokumentace uvolněna do výroby.

Jakmile přišly vyrobené desky plošných spojů a všechny objednané součástky, začal jsem s osazováním desek. Při osazování součástek byly použity postupy v souladu s RoHS (Restriction of the use of certain hazardous substances) směrnice. Postupně byly osazovány nižší součástky, následně konektory a led diody. Po osazení všech součástek kromě mechanických spínačů se deska očistila v isopropylalkoholu, aby se zbavila nečistot a zbytků tavidla po pájení. Čistění bez mechanických spínačů se provádělo z důvodu toho, že mechanické spínače obsahují kontaktní maziva a čistěním by tak byli odstraněny, což by vedlo ke zhoršení spolehlivosti a k většímu opotřebování přepínače. Po očištění desek se dopájely přepínače.

Před celkovým zkompletováním přípravku byla provedena kontrola velikostí krabiček a horního krytu přípravku. Dále se provedla kontrola správného propojení kabelových svazků. Po provedení kontrol bylo potřeba nalepit popisek na horní díl krytu přípravku. Do precizních

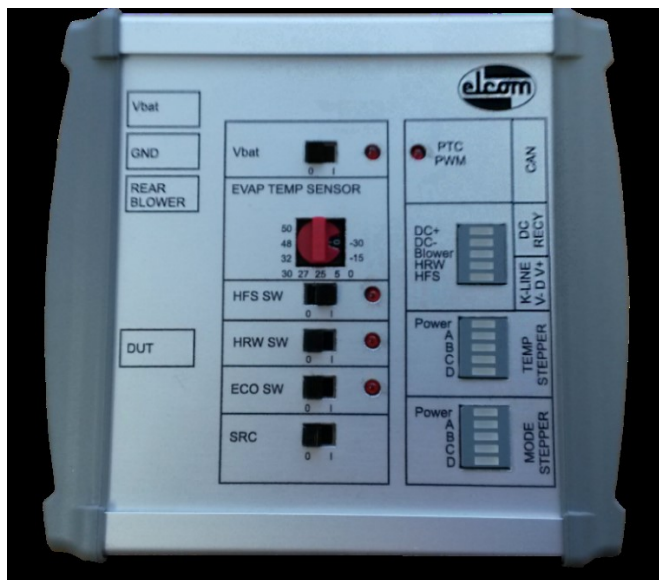
dutinkových patič bylo třeba vložit led bargrafy a binární přepínače a každý přípravek označit svým výrobním číslem. Poté se mohlo začít s konečným sestavením výrobku.

Upevnil se výkonový rezistor k profilu, horní kryt přípravku se nasadil na desku plošných spojů a společně se zasunuli do profilu. V posledním kroku sestavování se připevnily bočnice. Následně byl přípravek kompletní. Jakmile byly všechny přípravky zkompletované, začalo se s konečným testováním.

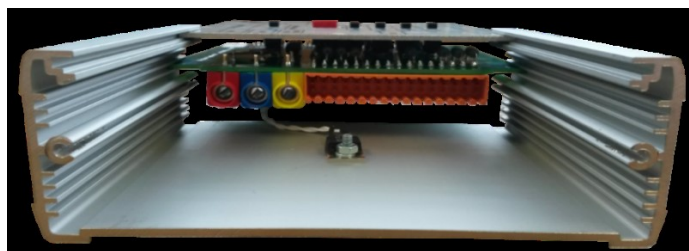
Testování probíhalo stejně jako u testování prototypového kusu. Testování se nyní obešlo bez jakýchkoli větších závad. Jen u dvou kusů přípravku se nerozsvěcovala led diodová signalizace. Tato závada spočívala ve špatné polaritě napájených led diod. U dalšího přípravku se objevila chyba při přepínání jednotlivých poloh přepínače teploty. Změřená hodnota odporu neodpovídala dané teplotě. V tomto případě byla chyba v prohozených rezistorech u binárního přepínače. Oprava v obou případech spočívala v rozmontování přípravku, přepájení součástek, opětovném složení a otestování přípravku.

Posledním krokem byla vizuální kontrola, zda-li výrobek není podřený, jestli všechny součástky jsou na svém místě a všechny šroubky jsou dotažené. Ke každému přípravku se přibalily potřebné napájecí kabely a kabelové svazky. Tímto krokem byly přípravky připravené k zaslání zákazníkovi.

3.3 Fotodokumentace práce



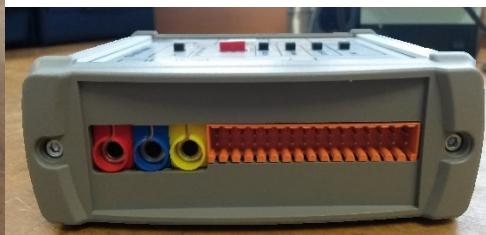
Obrázek 14: Kompletní testovací přípravek



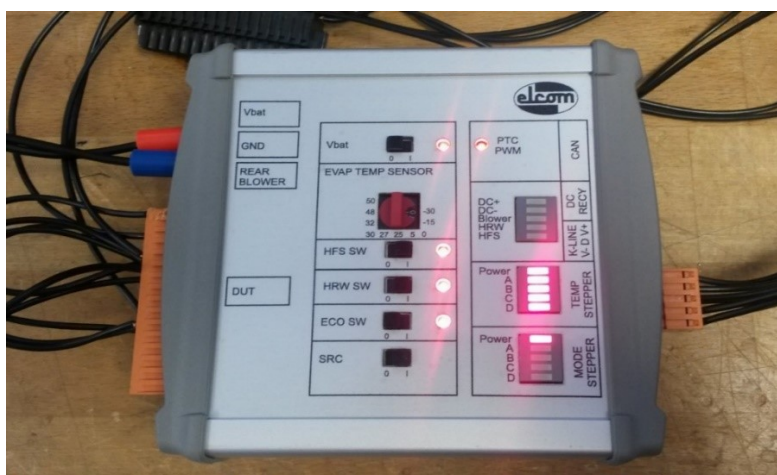
Obrázek 15: *Vnitřní pohled na konstrukci přípravku*



Obrázek 16: *Detailnější pohled na ovládací a signalizační součástky*



Obrázek 17: *Pohled na konektory přípravku*



Obrázek 18: *Testování přípravku*

3.4 Použítý software

3.4.1 EAGLE® 6.4.0 (Easily Applicable Graphical Layout Editor)

Jedná se o snadno použitelný, výkonný a přístupný program firmy CadSoft Computer, GmbH. Tento program umožňuje kreslení schémat a tvorbu desek plošných spojů (DPS) s možností autorouteru. Program obsahuje kontrolu elektrických pravidel zapojení schémat a kontrolu pravidel návrhu DPS. Pro návrh DPS se mohou použít klasické i SMD součástky, které můžeme propojit až 16-ti signálovými vrstvami.

3.4.2 CorelDRAW® X7

Program pracující s vektorovou grafikou, patřící do balíků programů CorelDRAW® Graphics Suite od firmy Corel Corporation. Program obsahuje řadu nástrojů pro úpravy a změny grafických návrhů. Umožňuje kombinovat vektorové objekty s rastrovou grafikou a pracovat ve vrstvách.

3.4.3 AutoCAD® 2012

Program patřící mezi světově úspěšné nástroje pro 2D a 3D projektování a konstruování. Tento software vyvinutý firmou Autodesk, Inc. má i další verze aplikací CAD pro různé oblasti např. strojírenské konstrukce (AutoCAD® Mechanical), stavební projekce a architekturu (AutoCAD® Architecture), mapování a terénní úpravy (AutoCAD® Map 3D) nebo pro navrhování elektrotechnických řídicích systémů, obvodů, prvků (AutoCAD® Electrical).

3.4.4 Microsoft Office® 2013

Jedná se o balík kancelářských programů od firmy Microsoft Corporation. Tento kancelářský celek se skládá z mnoha různých aplikací, které slouží např. pro vytváření formátovaného textu (Word®), k vytváření tabulek, grafů a k analýze údajů (Excel®), tvorbě databází (Access®), vytváření prezentací (PowerPoint®) nebo k organizaci elektronické pošty (Outlook®).

4. Teoretické a praktické znalosti získané v průběhu studia

4.1 Využité odborné znalosti v průběhu odborné praxe

V průběhu praxe jsem využil spoustu znalostí získaných z mnohých technických předmětů, které vysoká škola nabízí. Mezi největší přínosy patřila znalost elektrotechnických součástek, umění se orientovat v technické dokumentaci, práce s měřicími přístroji a využití anglického jazyka při hledání v katalogových listech.

Na tomto projektu, na kterém jsem se podílel ve firmě ELCOM, a.s., jsem využil i znalosti z dřívějšího studia na střední škole. Hlavně se jednalo o práci s programy AutoCAD® a EAGLE®, které jsem při práci na praxi používal.

4.2 Scházející odborné znalosti v průběhu odborné praxe

Jako své scházející znalosti během průběhu praxe považuji neznalost postupů při vytváření nového produktu. Dále se jednalo o nedostatky spojené s řešením konkrétní problematiky na řídicí jednotce. Také nedostatečný přehled v používaných technologiích a dostupných komponent užívaných v praxi.

5. Zhodnocení odborné praxe a závěr

Absolvování individuální odborné praxe na pozici konstruktéra elektronických systémů ve firmě ELCOM, a.s. bych hodnotil jako zdařilou a velmi přínosnou. Praxe byla pro mě cennou zkušeností, při které jsem získal mnoho nových znalostí a dovedností, kterých si nesmírně vážím. Myslím si, že je důležité provázat teorii s praxí a tato příležitost mi to jen potvrdila. V mnoha případech jsem si ověřil a také doplnil své znalosti ze školy.

Také musím říct, že díky praxi jsem získal povědomí o tom, jaké nároky může mít budoucí zaměstnavatel a co je potřeba ještě se doučit. Absolvování individuální odborné praxe bych doporučil každému, kdo ještě nemá žádné praktické zkušenosti ve svém oboru.

Firmu ELCOM, a.s. bych celkově zhodnotil jako velmi zajímavou, přátelskou a hlavně tolerantní vůči mému studiu. S firmou nadále spolupracuji na dalších projektech, čímž získávám nové a nové zkušenosti a vědomosti.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] ELCOM, a.s. *O společnosti* [online]. c2015 [cit. 2015-01-25]. Dostupné z: <http://elcom.cz/cz/spolecnost/o-spolecnosti>
- [2] ELCOM, a.s. *Divize* [online]. c2015 [cit. 2015-01-25]. Dostupné z: <http://elcom.cz/cz/spolecnost/divize>
- [3] ELCOM, a.s. *Divize virtuální instrumentace* [online]. c2015 [cit. 2015-01-25]. Dostupné z: <http://elcom.cz/cz/spolecnost/divize/23-divize-virtualni-instrumentace>
- [4] EAGLE ONLINE. *Informace o programu EAGLE* [online]. c2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.eagle.cz/info.htm>
- [5] COREL Corporation. *CorelDRAW Graphics Suite X7* [online]. c2015 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://apps.corel.com/int/cz/products/cdgs/index.html>
- [6] Autodesk. *Produkty AutoCAD* [online]. c2015 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.autodesk.cz/products/all-autocad>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Logo firmy ELCOM, a.s.	- 9 -
Obrázek 2: Zjednodušené blokové schéma zapojení testovaného zařízení	- 11 -
Obrázek 3: Návrh přípravku	- 13 -
Obrázek 4: Binární přepínač.....	- 13 -
Obrázek 5: Charakteristika termistoru NTC.....	- 14 -
Obrázek 6: Schéma zapojení přepínače	- 14 -
Obrázek 7: Profil ELP 1240.....	- 16 -
Obrázek 8: Konektory Weidmüller.....	- 16 -
Obrázek 9: Horní strana DPS (Top)	- 18 -
Obrázek 10: Osazení horní strany DPS (Top).....	- 18 -
Obrázek 11: Spodní strana DPS (Bottom)	- 19 -
Obrázek 12: Osazení dolní strany DPS (Bottom).....	- 19 -
Obrázek 13: Popisek přípravku.....	- 20 -
Obrázek 14: Kompletní testovací přípravek.....	- 22 -
Obrázek 15: Vnitřní pohled na konstrukci přípravku.....	- 23 -
Obrázek 16: Detailnější pohled na ovládací a signalizační součástky	- 23 -
Obrázek 17: Pohled na konektory přípravku	- 23 -
Obrázek 18: Testování přípravku.....	- 23 -